

PCT/JP03/16862

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

23.1.2004

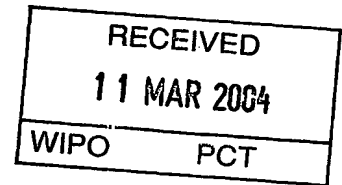
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 1月 6日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-000117
[ST. 10/C]: [JP2003-000117]

出 願 人
Applicant(s): 江藤 剛治
リンク・リサーチ株式会社

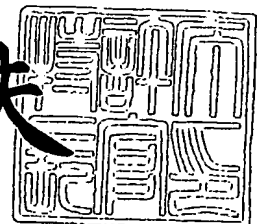


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3013625

【書類名】 特許願

【整理番号】 ISIS-0006

【提出日】 平成15年 1月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 9/00

【発明の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府箕面市栗生間谷東7丁目2番2号

【氏名】 江藤剛治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市久野291番地の4

【氏名】 武藤 秀樹

【特許出願人】

【識別番号】 591128888

【氏名又は名称】 江藤 剛治

【特許出願人】

【識別番号】 392013523

【氏名又は名称】 リンク・リサーチ株式会社

【代表者】 武藤 秀樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 104364

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 裏面照射画素周辺記録型撮像素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 N 行 \times M 列 ($N > 1$ 、 $M > 1$) の 2 次元の画素配列を備え、画素の各々が内部もしくは近傍に K 個 ($K > 1$) の画像信号記録領域を備え、画像信号記録領域を備える面と逆の面に光の入射面と、入射した光を光の強度に応じた信号電荷に変換する変換手段とを備える裏面照射画素周辺記録型撮像素子であって、該変換手段と画素周辺記録領域との間に、画素周辺記録領域への信号電荷の侵入を抑制する領域を備えることを特徴とする撮像素子。

【請求項 2】 請求項 1 の撮像素子を備える撮影装置。

【請求項 3】 請求項 2 の撮影装置であって、撮像素子の光の入射面側に、該撮像素子を透過して画像信号記録領域まで到達して該画像信号記録領域中に信号電荷と同種の電荷を発生する波長の光を実質的に遮断する光学フィルターを備えることを特徴とする撮影装置。

【請求項 4】 N 行 \times M 列 ($N > 1$ 、 $M > 1$) の 2 次元の画素配列を備え、画素の各々が内部もしくは近傍に K 個 ($K > 1$) の画像信号記録領域を備え、画像信号記録領域を備える面と逆の面に可視光以外の電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子が入射する面と、入射した可視光以外の電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子を、該電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子の強度に応じた信号電荷に変換する変換手段とを備える裏面照射画素周辺記録型撮像素子であって、該変換手段と画素周辺記録領域との間に、画素周辺記録領域への信号電荷の侵入を抑制する領域を備えることを特徴とする撮像素子。

【請求項 5】 請求項 4 の撮像素子を備える撮影装置。

【請求項 6】 請求項 3 の撮影装置であって、該光学フィルターの 700 nm ~ 1000 nm の波長の光の透過率が 1 % 以下であることを特徴とする撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、科学・技術計測を目的とした高速度ビデオカメラを提供する。とく

に高感度で超高速の連続撮影に好適である。

【0002】

【従来の技術】

高速度連続撮影のための、各画素の各々の内部または近傍に多数の画像信号を記録する領域を持つ画素周辺記録型撮像素子のアイデアは古くからあった。全画素で一斉に連続的に画像信号を蓄積するという全画素並列記録操作により、究極の高速撮影が実現できる。

【0003】

しかし動画を再生するには少なくとも50枚の連続画像が必要である。限られた各画素周辺の小さな領域に50個以上の記録要素を作り込むには新たなアイデアが必要であった。そのためには、画像信号記録要素の構造をできるだけ単純化してサイズの縮小を計る必要がある。

【0004】

本発明の発明者らは、斜行直線CCDを用いた画像信号蓄積領域を持つ画素周辺記録型撮像素子を発明した

(江藤剛治・武藤秀樹：特願2001-092313高速撮像素子および高速撮影装置、T. Goji Etoh et al. : A CCD Image Sensor of 1Mframes/s for Continuous Image Capturing of 103 Frames, Digest of Technical Papers, 2002 IEEE International Solid-State Circuits Conference, Volume 45, pp. 46-47, 2002、江藤剛治・武藤秀樹他：斜行直線CCD型画素周辺記録領域を持つ100万枚/秒の撮像素子、映像情報メディア学会誌、Vol. 56, No. 3, pp. 483-486, 2002、その他)。

【0005】

画素軸に対してやや斜めに置いた直線CCDという単純な構造を持つ画像信号記録領域を導入することにより、各画素周辺に103個の画像信号記録要素を作り込み、100万枚/秒で撮影した画像を、10枚/秒の再生速度で10秒以上

の動画として再生することができた。

【0006】

またこの撮像素子のフォトダイオード面積は、通常の撮像素子のその数10倍である。これにより、高速度撮影に必要な高い感度を実現した。またCCD型記録領域の斜行配置により、画素構成は正方格子を保つことができた。

【0007】

しかも撮影中は103枚前に撮影した画像信号は撮像素子のチップ外に排出しながら最新の画像信号を連続的に記録するという連続上書き機能を備えている。これにより、撮影対象とする現象の生起と撮影タイミングを合わせることが容易となった。すなわち撮影対象現象が生起したことを確認した直後に連続撮影を停止し、撮像素子内に蓄積されたそれ以前の画像信号を素子外に読み出し、過去に遡って画像を再生することができる。撮影対象現象が生起することを予測して連続撮影を停止することに比べて、生起したことを確認した直後に停止する方がはるかに容易である。

【0008】

図1は斜行直線CCD型記録領域を持つ画素周辺記録型撮像素子の概念を示している。すなわち、フォトダイオード203で光を電子に変え、それを1から25までの番号をつけた通常の直線CCDからなる信号記録要素に順次転送する。この図ではこれにより、連続25枚の画像が記録できる。記録領域の端部にはドレーン・ゲート211が備えられているので、次の瞬間には1と書かれた最初の画像信号はドレーン210に排出される。25と書かれた最初の信号記録要素には26番目の画像信号が入り、2から26番目までの画像信号が保持されることになる。以下撮影中はこの連続上書き過程が継続する。

【0009】

図1において信号記録直線CCDが斜めになっていないと、下のフォトダイオードに突き当たり、十分長い記録領域を取ることができない。それを可能にしようとするれば、下のフォトダイオードを少しずつ右にずらして直線CCD型記録領域が下に伸ばせるようにすればよい。この場合、画素軸をなすフォトダイオードの中心点が正方格子、もしくは図1の例のような長方形格子をなさず、ひし形と

なる。これを防ぐには、右に少しずらしたフォトダイオードの位置を少し上にずらせばよい。ただしこうしてできたレイアウトを、時計周りの方向に少し回転させると図1と同じレイアウトになる。これが直線CCD記録領域が画素軸に対して斜行している理由である。

【0010】

図1からわかるようにフォトダイオード203の面積は、1から25までの番号を付けたCCD記録要素1個の面積の数10倍となっているので、通常のCCD型の撮像素子に比べて感度が数10倍高い。

【0011】

一方、天文学などのできるだけ高い感度を必要とする用途においては裏面照射型撮像素子が使われることが多い。100%に近い開口率を得ることができるので、非常に高い感度を持つ撮像素子を作ることができる。高速度撮影でも画像1枚あたりの露光時間が短くなるので、できるだけ高い感度が要求される。

【0012】

裏面照射型ではチップの厚さを極力薄くする。これはチップが厚いと、光が入射するチップの裏面から表面のCCDまで信号電荷が到達する間に、隣接する画素の間で画像信号が混合したり、チップ内の結晶欠陥などに起因するノイズが混入するからである。

【0013】

【従来技術の課題】

裏面照射撮像素子では、発生した信号電荷は表面側に作られたCCDの多数の要素のうち、発生場所に近いCCD要素に到達し、そこに一旦蓄積される。画素周辺記録型では、ある画素で発生した電荷は、まず最初に、その画素の信号記録領域を構成する多くのCCD型記録要素のうち、第1の記録要素（図1では1と書かれている）に記録されなければならない。しかるのちに順次、CCD型記録領域上をドレーンに向けて転送される。裏面照射画素周辺記録型撮像素子では、特別の構造を導入しない限り、発生した電荷は勝手に最寄りの記録要素に到達する。これを防ぐには、発生した電荷が直接画素周辺記録領域に到達するのを妨げ、一旦、各画素内の1カ所に集中するようにし、そこを画素周辺記録領域へのイ

ン putt 領域にして、そこから画素周辺記録領域に信号電荷を転送するようにする必要がある。

【0014】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子にはもう一つの課題がある。裏面照射 CCD ではチップの厚さが薄いために、透過性の強い（吸収係数の小さい）長波長側の光が、光の入射面とは反対側に作られる画像信号記録領域にまで達し、画像信号記録領域内に不要な電荷を発生させる。したがって、長波長側の光を遮断するフィルターを備える必要がある。

【0015】

表1は通常 CCD 型撮像素子の製造に使われるシリコン単結晶ウエーファの入射光の波長と吸収係数の関係から計算したチップの厚さと透過率の関係を示している。裏面照射 CCD では一番薄い場合は 20 ミクロン程度の厚さのチップが使われる。

【表1】

波長	吸収係数	透過率 (20 μ m)	透過率 (30 μ m)
400	5.337	4.39954E-47	2.92E-70
450	2	4.24835E-18	8.76E-27
500	1.11	2.28382E-10	3.45E-15
550	6.93E-01	9.50764E-07	9.27E-10
600	4.81E-01	6.69208E-05	5.47E-07
650	3.16E-01	0.001792758	7.59E-05
700	2.19E-01	0.012475357	0.001393
750	1.52E-01	0.047834889	0.010462
800	9.49E-02	0.149868056	0.058018
850	6.24E-02	0.286848809	0.153631

【0016】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子では光の透過率を $1/10000$ 以下にすることが望まれる。例えば各画素周辺の記録要素が 100 個あると 100 枚分の画像が再生できる。このとき 1 枚の画像が撮影されると、この画像信号はあと 99 枚撮影されるまで、画素周辺記録領域に保持される。裏面から入射した光がチッ

ブの表側に作られる記録領域まで透過する割合（透過率）が $1/10000$ であると、1枚の画像を撮影するごとに本来の画像信号の $1/10000$ の信号が画素周辺記録領域に保持された画像信号に加わる。100枚分撮影する間には $1/10000 \times 100 \text{枚} = 1/100 = 1\%$ の不要な信号が本来の信号に加わることになる。この割合が数%を超えると、非常に見苦しいスミアという現象が再生画像上に現れる。したがって裏面照射画素周辺記録型撮像素子では光の透過率を $1/10000$ 以下にすることが望まれる。

【0017】

上記の例は動画再生できるように100枚以上の連続撮影を行う場合である。連続撮影枚数としては数枚でも役に立つことがある。この場合は、一つの画像信号が画素周辺記録領域に保持される時間は数枚連続撮影する間だけである。したがって上記の透過率が1%であっても、不要な信号はもとの信号の数%以下となる。

【0018】

表1からわかるように、厚さが30ミクロンのやや厚い裏面照射CCDを用いる場合でも、波長が約650ミクロンの光の透過率は0.0000759で $1/10000$ 以下であるが、それ以上長波長側の赤みを帯びた光は画像信号記録領域にまで達してしまい、そこでも電荷を発生し、画像信号記録領域に残されている過去の画像信号に無視できない程度の不要な信号を加えることになる。

【0019】

科学技術計測において2次元画像を撮影するのは可視光による撮影に限らない。X線画像もあれば赤外線画像もある。あらゆる電磁波や荷電粒子を対象として撮影する。このとき裏面照射画素周辺記録型撮像素子により可視光撮影する場合と同様の問題が生じる。

【本発明による課題解決の手段】

【0020】

N行×M列（ $N > 1$ 、 $M > 1$ ）の2次元の画素配列を備え、画素の各々が内部もしくは近傍にK個（ $K > 1$ ）の画像信号記録領域を備え、画像信号記録領域を

備える面と逆の面に光の入射面と、入射した光を光の強度に応じた信号電荷に変換する変換手段とを備える裏面照射画素周辺記録型撮像素子であって、該変換手段と画素周辺記録領域との間に、画素周辺記録領域への信号電荷の侵入を抑制する領域を備えることを特徴とする撮像素子により、裏面照射型の特徴である高感度と、画素周辺記録型撮像素子の特徴である非常に高い撮影速度とを併せ持ち、かつ裏面から入射した光が生成する信号電荷が画素周辺記録領域に直接混入することなく、各画像が撮影された順序に従って画素周辺記録領域に記録される撮像素子を提供する。

【0021】

上記の画素周辺記録型撮像素子を備える撮影装置により、高感度で非常に速い撮影速度で超高速連続撮影ができる。

【0022】

上記の撮影装置であって、撮像素子の光の入射面側に、該撮像素子を透過して画像信号記録領域まで到達して該画像信号記録領域中に信号電荷と同種の電荷を発生する波長の光を実質的に遮断する光学フィルターを備えることを特徴とする撮影装置により、画素周辺記録領域に直接光が到達して、そこに保持されている先に撮影された画像に対応する画像信号に不要な信号を加えることを防ぎ、スミアの少ない良質の画像を再生する撮影装置を提供する。

【0023】

N行×M列 ($N > 1$, $M > 1$) の2次元の画素配列を備え、画素の各々が内部もしくは近傍にK個 ($K > 1$) の画像信号記録領域を備え、画像信号記録領域を備える面と逆の面に可視光以外の電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子が入射する面と、入射した可視光以外の電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子を、該電磁波や電子、正孔、その他の荷電粒子の強度に応じた信号電荷に変換する変換手段とを備える裏面照射画素周辺記録型撮像素子であって、該変換手段と画素周辺記録領域との間に、画素周辺記録領域への信号電荷の侵入を抑制する領域を備えることを特徴とする撮像素子およびこの素子を備える撮影装置により、可視光以外の電磁波や荷電粒子に対しても高感度、超高速、高画質で連続撮影する装置を提供する。

【0024】

可視光で撮影する裏面照射画素周辺記録型撮像素子であって、光の入射側に700 nm ~ 1000 nm の波長の光の透過率が 1 % 以下の光学フィルターを備えることにより、数枚以上の連続画像を高感度、超高速、高画質で連続撮影する装置を提供する。

【発明の実施形態】

【0025】

【第1実施形態】

チップの光の入射側を裏面と呼び、その反対側の面を表面と呼ぶことにする。図1は本発明になる撮像素子の表面の構造を概念的に示している。ただし既発明ではフォトダイオードに対応した部分203が、光が当たって発生した電子が集積するインプット領域203になっている。すなわち表面の構造は既発明の斜行直線CCD型記録領域を持つ画素周辺記録型撮像素子とほとんど同じである。

【0026】

第1実施形態を図2、図3、図4の断面図で説明する。図2は図1のA-A'断面を示している。図3はB-B'断面、図4はC-C'断面を示している。

【0027】

入射した光110が光学フィルター111を通過することにより、650 nm 以下の波長の光のみがチップのp-領域112に到達する。p-領域の厚さは30ミクロンである。したがって表1に示すとおり、下のp領域113以下の領域には、入射した光の0.0000759倍以下しか到達しない。

【0028】

p-領域で光は電子と正孔の対を発生するが、そのうちの電子は負の電荷を持つので、n-領域114に集まり、さらにn領域からなるインプット領域203に集積する。正孔はp-領域を通過して、撮像素子外に連続的に排出される。

【0029】

図2中の小さいn領域202は斜行直線CCD転送路からなる画像信号記録領域である。またn+領域はドレーン210である。

【0030】

p 領域 114 と n 領域の CCD 転送路からなる画像信号記録領域 202 を隔てる p 領域 113 の存在により、p 領域で発生した電子は直接 n 領域の CCD 転送路 202 に到達することはない。

【0031】

また図 3 に示すように、隣接するインプット領域は濃い p + ドープ領域 116 により信号電荷が混在しないように隔離されている。

【0032】

図 4 はインプット領域 203 から CCD 転送路 202 にいたる経路の断面図を示している。本発明では 4 相駆動 CCD を用いている。したがって一つの CCD 要素に対して 4 個の電極 220 が乗っている。

【0033】

インプット領域 203 に集積した電子からなる画像信号は、通常の 4 相駆動により、斜行直線 CCD 型画像信号記録領域 202 に転送される。

【0034】

それ以後の操作については、本発明に先立つ斜行直線 CCD 型画素周辺記録領域を持つ撮像素子の特許出願書類（江藤剛治・武藤秀樹：特願 2001-092313 高速撮像素子および高速撮影装置）や、論文（T. Goji Etoh et al. : A CCD Image Sensor of 1Mframes/s for Continuous Image Capturing of 103 Frames, Digest of Technical Papers, 2002 IEEE International Solid-State Circuits Conference, Volume 45, pp. 46-47, 2002、江藤剛治・武藤秀樹他：斜行直線 CCD 型画素周辺記録領域を持つ 100 万枚/秒の撮像素子、映像情報メディア学会誌、Vol. 56, No. 3, pp. 483-486, 2002、など）に詳しく説明しているので、詳細な説明は割愛する。

【0035】

実際の素子では、各画像信号記録領域は 100 個の記録要素を持っている。こ

れにより、10枚/秒で連続10秒の動画が再生できる。このとき撮影中にドレーンから排出される直前のもっとも古い画像信号は、撮影時間間隔の100倍の時間、画像信号記録領域に保持される。この間、ごくわずかずつであっても、裏面から入射し、減衰した光が画像信号記録領域に到達する。その合計を単位撮影時間間隔に入射する光量の1%以下に押さえる。100倍の時間入射したものが単位撮影時間間隔に入射する光量の1%以下であるから、単位撮影時間間隔に画像信号記録領域に到達する光量は、もとの入射光量の1%/100、すなわち1/10000以下でなければならない。表1より、30ミクロンのシリコン単結晶を通過する650nmの光の透過率は0.0000759であるから、この条件を満たす。

【0036】

一方、700nmの光の透過率は0.001393であるから100倍すると0.1393すなわち13.93%となり、画像信号記録領域に記録された画像信号に不要な電荷を供給することになる。

【0037】

図1の光学フィルター400は650ナノメートル以上の波長の光を実質的に遮断する。ここで実質的とは透過率が1/10000以下である。これにより100枚分の信号を保持しても、不要な信号は1%以下となる。

【0038】

撮影対象とする現象が生起した直後に、信号の転送操作を停止し、同時に撮像素子への光の入射を止める。

【0039】

カラー撮影が必要な場合は、チップの厚さを厚くし、赤い光も画像信号記録領域に届かないようにする必要がある。ただしCCDが作れるほど欠陥の少ないシリコン単結晶を、厚く作るとコストが大きくなる。

【0040】

科学技術計測においては赤い光による撮影が不要な場合も多い。例えば紫外線や電子流、X線などをシンチレータに当てて可視光を発生させる場合、緑や青の光を発生する材料を選べばよい。

【0041】

また高解像の画像解析を行う場合、自然光でもっともエネルギーの高い緑から黄色の光を用い、かつ赤から近赤外の光をカットして色収差を減らして撮影すればよい。

【0042】

以上のように本発明は超高速の連続撮影による科学技術計測にもっとも適している。

【第2実施形態】

図5、図6は本発明の第2実施形態を示している。第1実施形態との違いはp-領域300とp+領域301の間にn-領域302が広がっていることである。これにより、nとpの境界面で電子と正孔の分離が効果的に行われ、再結合する割合が減るので、より高い光電変換効率が得られ、感度が高くなる。それ以外の点は第1実施例と同じである。

【0043】

【その他の実施形態】

本発明は以上の実施形態に限らない。紫外線、赤外線などの電磁波や、電子流などの荷電粒子の2次元超高速連続撮影にも適用できる。この場合は撮像素子の裏面（入射側）に、これらの電磁波や荷電粒子が入射すると信号電荷もしくは可視光を発生するシンチレータなどの変換手段をつける。電子が直入する素子においては、入射した電子もしくは高エネルギーの電子が入射したことにより発生する2次電子がそのまま信号電荷となる。あとの構造は可視光を対象とする実施例1、実施例2の場合と同様である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

画素周辺記録型撮像素子の構造と動作を示した説明図である。

【図2】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子のA-A'断面構造を示した図である。（実施例1）

【図 3】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子の B-B' 断面構造を示した図である。(実施例 1)

【図 4】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子の C-C' 断面構造を示した図である。(実施例 1)

【図 5】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子の A-A' 断面構造を示した図である。(実施例 2)

【図 6】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子の B-B' 断面構造を示した図である。(実施例 2)

【図 7】

裏面照射画素周辺記録型撮像素子の C-C' 断面構造を示した図である。(実施例 2)

【符号の説明】

- 110 入射光
- 111 光学フィルタ
- 112 基板 p-領域
- 113 画素周辺記録領域電荷侵入抑制用 p+領域
- 114 電荷集積部 n-領域
- 200 セル領域 (繰返し単位)
- 202 電荷信号記録用斜行 CCD
- 203 電荷集積部 (従来の光電変換部)
- 204 電荷信号記録用斜行 CCD 入力部
- 205 画素周辺記録領域
- 206 電荷信号記録兼垂直転送 CCD
- 208 斜行・垂直 CCD 結合部
- 210 オーバーフロー・ドレイン (余剰・不要電荷排出部)

2 1 1 ドレイン・ゲート（電荷排出ゲート）

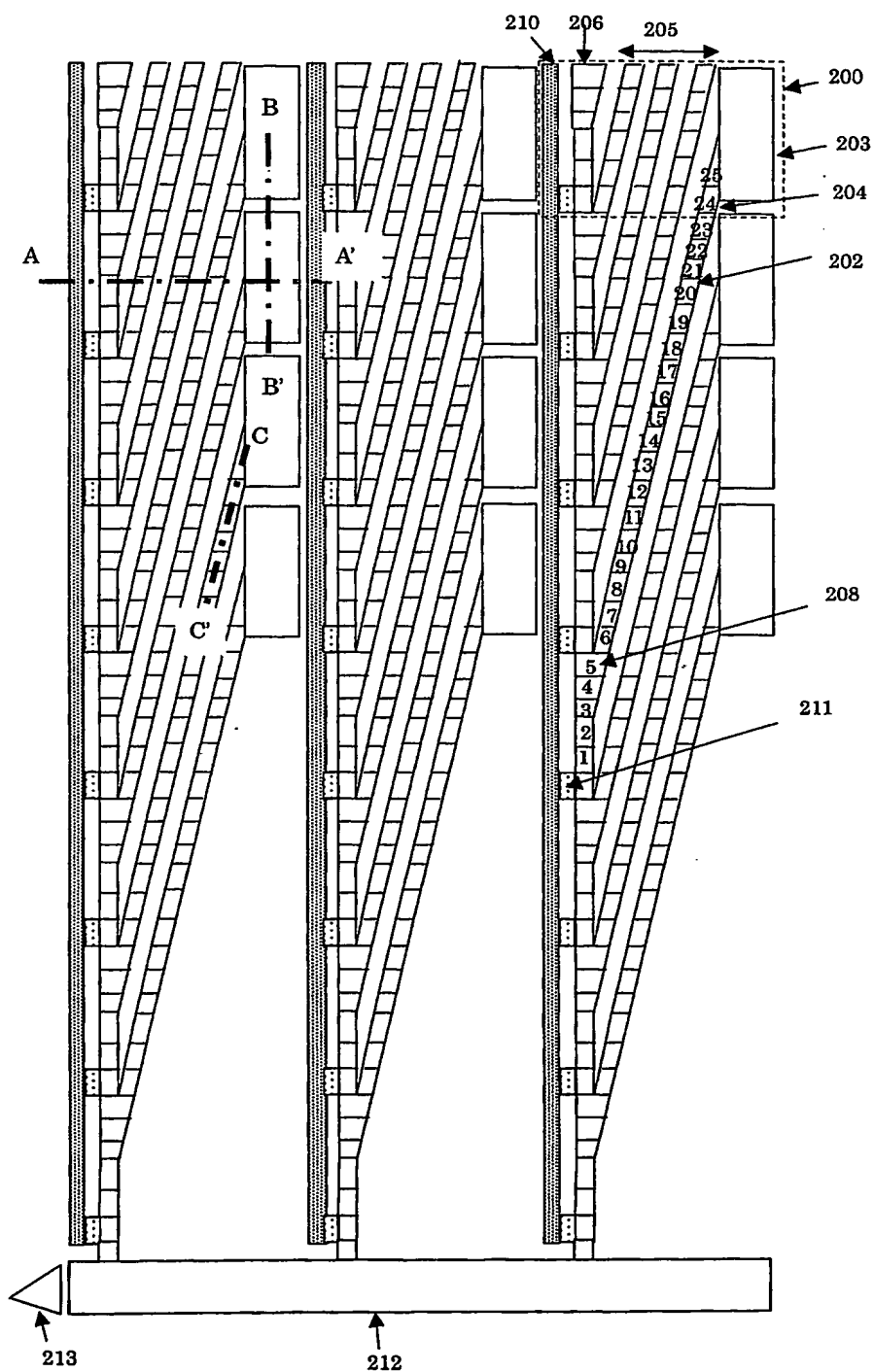
2 1 2 水平 C C D

2 1 3 出力アンプ

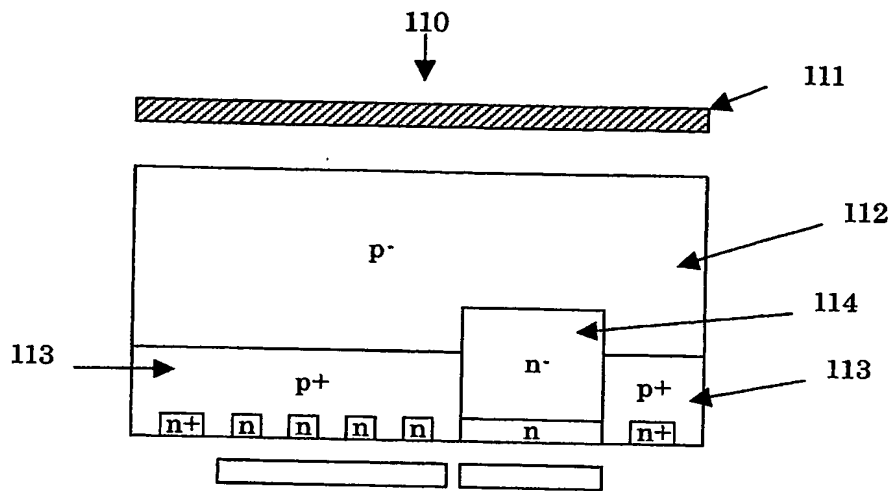
【書類名】

図面

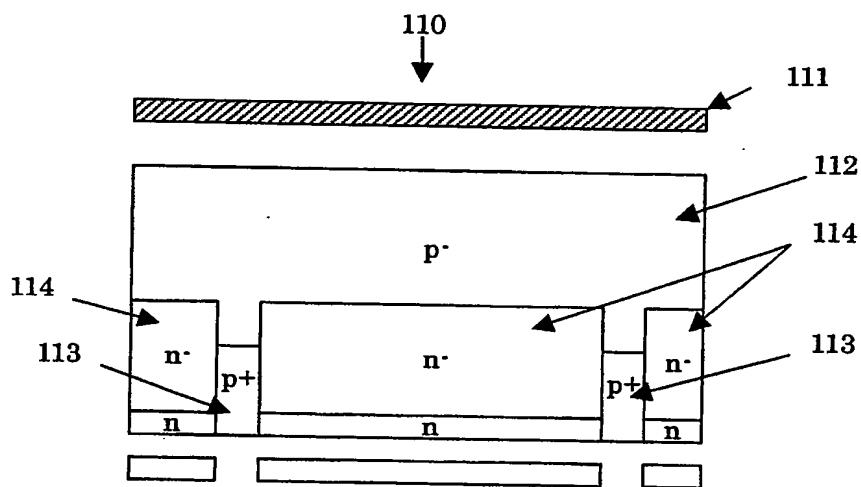
【図 1】



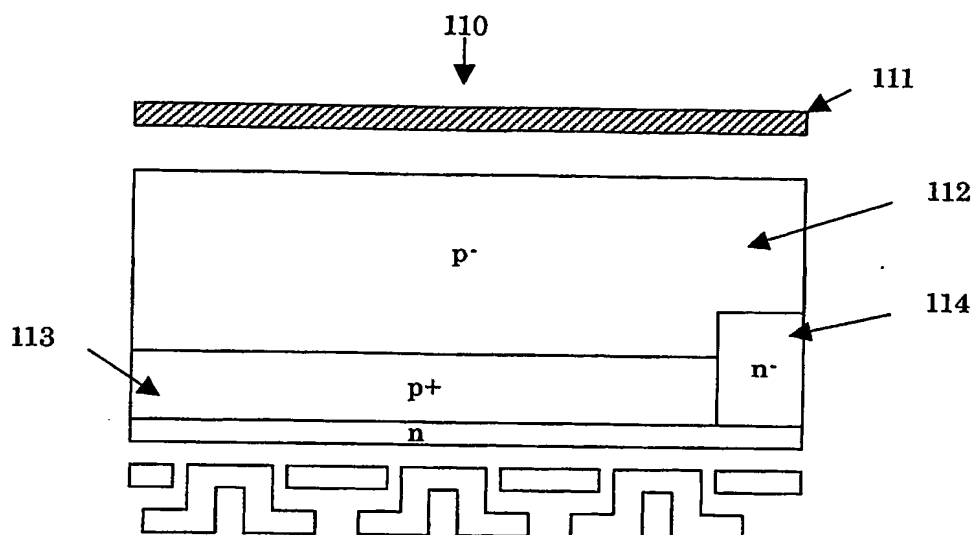
【図 2】



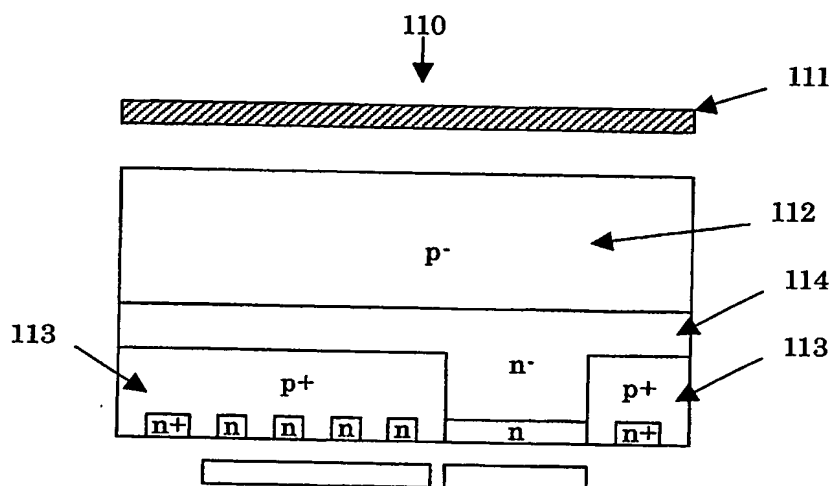
【図 3】



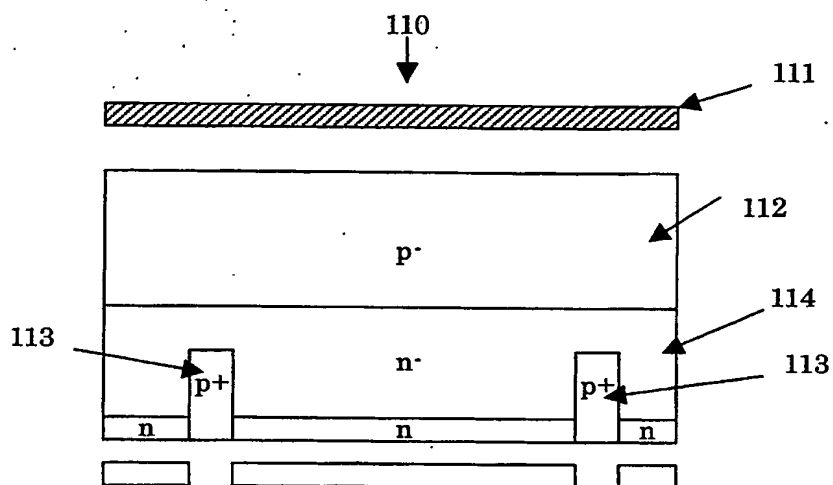
【図 4】



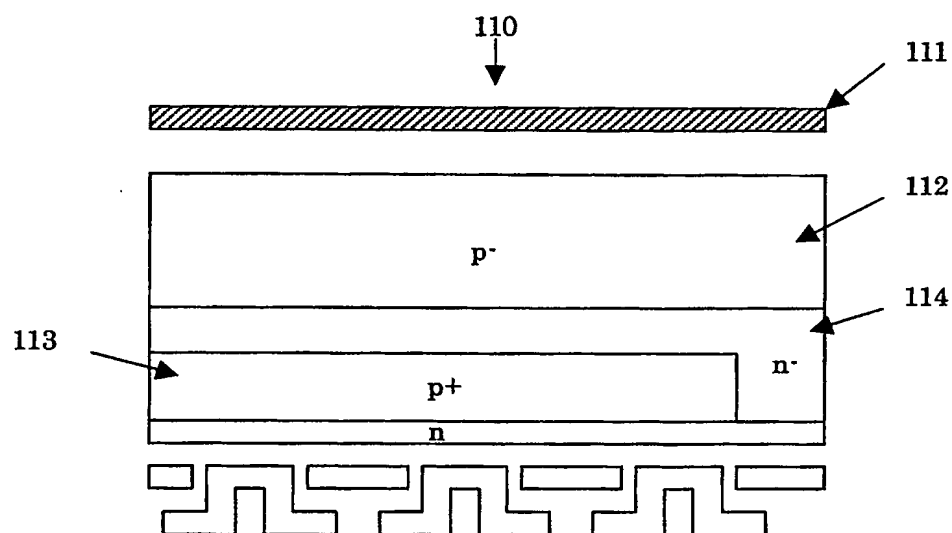
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 裏面照射画素周辺記録型撮像素子を用いた撮像装置において、画素周辺記録領域に直接光信号電荷が侵入することを抑制する。

【解決手段】 裏面照射画素周辺記録型撮像素子を用いた撮像装置において、入射した光を光の強度に応じた信号電荷に変換する変換手段と画素周辺記録領域との間に、画素周辺記録領域への信号電荷の侵入を抑制する領域を設けるとともに画素周辺記録領域へ入射する比較的長波長の光を遮断するための光学フィルターを光路中に設ける。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-000117
受付番号	50300001213
書類名	特許願
担当官	塩野 実 2151
作成日	平成15年 4月 2日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	591128888
【住所又は居所】	大阪府箕面市栗生間谷東7丁目21番2号
【氏名又は名称】	江藤 剛治

【特許出願人】

【識別番号】	392013523
【住所又は居所】	東京都台東区小島1-18-5
【氏名又は名称】	リンク・リサーチ株式会社

次頁無

特願 2003-000117

ページ: 1

出願人履歴情報

識別番号

[591128888]

1. 変更年月日

1991年 6月13日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府箕面市栗生間谷東7丁目21番2号

氏名

江藤 剛治

特願 2003-000117

出願人履歴情報

識別番号

[392013523]

1. 変更年月日

1992年 4月17日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都台東区小島1-18-5

氏 名

リンク・リサーチ株式会社